

10/562304
IAP17 Rec'd PCT/PTO 22 DEC 2005

1

Beschreibung

Verfahren zur Preemphase optischer Signale in einem Übertragungssystem mit Add-Drop-Modulen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Preemphase optischer Signale in einem Übertragungssystem mit Add-Drop-Modulen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Optische Verstärker für ein zu übertragendes Multiplexsignal mit mehreren unterschiedlichen Wellenlängen aufweisenden Kanälen weisen eine Wellenlängenabhängigkeit des Gewinns auf, die durch üblicherweise eingesetzte Glättungsfilter nicht vollständig behoben wird. Dadurch akkumulieren sich Leistungsunterschiede zwischen einzelnen Kanälen beim Durchlaufen einer optischen Übertragungsstrecke. Ferner ist auch die Rauschzahl dieser optischen Verstärker wellenlängenabhängig. Dadurch besitzen die Kanäle stark unterschiedliche optische Signale. Rauschabstände (OSNR = Optical Signal-to-Noise Ratio) an den jeweiligen Empfängern der Übertragungsstrecke. In Punkt-zu-Punkt-Verbindungen wird daher häufig ein unter dem Namen „Preemphase“ bekanntes Verfahren zur Nivellierung der Werte der Signal-Rauschabstände eingesetzt, das in A. R. Chraplyvy, J. A. Nagel und R. W. Tkach, „Equalization in Amplifier WDM Lightwave Transmission Systems“, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 8, August 1992, pp. 920-922 beschrieben wurde. Dabei werden anhand der am Ende der Übertragungsstrecke gemessenen Verteilung der Signal-Rauschabstände die sendeseitigen Signalleistungen der Kanäle in einem iterativen Verfahren solange nachgeführt, bis sich am Ende der Übertragungsstrecke für alle Kanäle dieselben Signal-Rauschabstände ergeben. Ein wichtiges Merkmal dabei ist, dass an einem Ort die Signalleistungen aller Kanäle individuell eingestellt werden können.

Bei langen Übertragungsstrecken kann es unter Umständen nicht mehr ausreichen, nur am Anfang der Strecke die Signalleistungen der Kanäle anzupassen. Daher wurden spezielle einstellbare Filter (DGE = Dynamic Gain Equalizer) entwickelt, die eine kanalindividuelle Anpassung der Leistungen inmitten der Strecke ermöglichen. Dieselbe Aufgabe kann auch ein Add-Drop-Modul (OADM = Optical Add/Drop-Multiplexer) übernehmen, in dem eine vollständige Demultiplexierung auf Einzelkanäle erfolgt. Allgemein wird angenommen, dass sich eine optimale Signalqualität am Ende der Übertragungsstrecke ergibt, wenn am Ende eines Streckenabschnitts identische Werte der Signal-Rauschabstände für alle Kanäle erreicht werden. Unter Streckenabschnitt ist dabei der Teil einer optischen Übertragungsstrecke vorzugsweise vom Sender zum ersten Add-Drop-Modul OADM, von einem Add-Drop-Modul OADM zum nächsten Add-Drop-Modul OADM oder von einem Add-Drop-Modul OADM zum Demultiplexer mit den nachgeschalteten Empfängern zu verstehen.

Aus Kostengründen ist es häufig aber nicht sinnvoll, eine vollständige Demultiplexierung bis auf einzelne Kanäle vorzunehmen; stattdessen werden ganze Bänder von Kanälen durch ein Add-Drop-Modul OADM durchgeschleift. Es besteht dann in diesem Fall keine Möglichkeit, die Leistungen der Kanäle an der Stelle des OADM individuell einzustellen, wie es eine übliche Methode zur Preemphasis vorschreiben würde.

Zum besseren Verständnis des Problems wird im folgenden ein einfacher Fall betrachtet. In dem in Fig. 1 abgebildeten Netz wird ein erstes z. B. rotes Subband von Express-Kanälen EK vom Anfang Tx der Übertragungsstrecke LWL bis zu seinem Ende Rx übertragen, während ein zweites z. B. blaues Subband von Add-Kanälen AK - z. B. mit kleineren Wellenlängen als im roten Subband - an einem in der Übertragungstrecke LWL angeordneten Add-Drop-Modul OADM eingekoppelt wird. Das rote Subband werde im Add-Drop-Modul OADM durchgeschleift. Zwischenverstärker OV1, OV2 sind entlang der Übertragungsstrecke LWL zur Regeneration der Signale vorgesehen.

Da eine kanalindividuelle Einstellung der Leistung im Add-Drop-Modul OADM nicht möglich ist, bietet es sich zunächst an, für die beiden Subbänder eine getrennte Preemphase P1, P2 durchzuführen. Und zwar für das blaue Subband vom Add-Drop-Modul OADM zu dem Empfänger Rx und für das rote Subband von dem Sender Tx zu dem Empfänger Rx. Dabei ergibt sich jedoch das Problem, dass die Rauschzahl eines optischen Verstärkers bei großen Wellenlängen (rot) um beispielsweise 2dB größer sein kann als bei kleinen Wellenlängen (blau). Bei Konstanzhaltung einer mittleren Kanalleistung pro Subband zeigt das rote Subband eine deutlich schlechtere Performance als das blaue Subband. Eine derartige Methode zur kanalindividuellen Leistungsanpassung ist in DE 100 24 393 A1 beschrieben, bei der Signalpegel von Express-Kanälen, Add-Kanälen, Drop-Kanälen oder Add-Drop-Kanälen mit Hilfe eines regelbaren Dämpfungsgliedes am Sender oder in einem Add-Drop-Modul individuell angepasst werden. Dabei wird zunächst eine Preemphase für die Express-Kanäle durchgeführt. Anschließend wird der Signalpegel des mindestens einen optischen Add-Drop-Signals an das ermittelte Leistungsspektrum der Express-Kanäle mittels einer Intra- oder Extrapolation angepasst. Damit fügt sich ein Add-Drop-Signal hinsichtlich der Amplitude und der Phase in das ermittelte Leistungsspektrum der Express-Kanäle optimal, jedoch nicht in Hinblick auf Performance durch Rauschzahleffekte.

In Fig. 2 wird auf ein weiteres Problem vorzugsweise für volloptische Netze eingegangen, das auch Auswirkungen auf das davor in Fig. 1 beschriebene Verfahren hat. Express-Kanäle EK als rotes Subband werden aus einem Sender Tx zu einem ersten Empfänger Rx1 entlang einer Übertragungsstrecke übertragen. In die Übertragungsstrecke sind zwei Add-Drop-Module OADM1, OADM2 integriert. Bei dem Sender Tx werden Drop-Kanäle DK als blaues Subband in die Übertragungsstrecke LWL eingespeist und bei dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 aus der Übertragungsstrecke LWL abgezweigt und zu einem zweiten Empfänger Rx2 ge-

führt. Zwischenverstärker OV sind bei der Übertragungsstrecke LWL vorgesehen.

Sowohl mindestens ein Signal des roten Subbandes als mindestens ein Signal auch des blauen Subbandes werden an demselben Ort in das Netz eingespeist. Im Rahmen einer Preemphase wird an dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 für beide Signale ein identischer Wert der Signal-Rauschabstände OSNR erzwungen. Dabei wird aber außer Acht gelassen, das Signale im blauen Subband nach Passieren des zweiten Add-Drop-Moduls OADM2 eine wesentlich kürzere Strecke zurückzulegen haben als Signale im roten Subband. Express-Kanäle EK werden daher am dem ihnen zugeordneten ersten Empfängern Rx1 einen deutlich schlechteren Signal-Rauschabstand OSNR aufweisen als Signale in Drop-Kanälen DK am zweiten Empfänger Rx2.

Aus EP 0 959 578 A2 ist eine Methode zur Preemphase für ein WDM-Multiplex-Signal bekannt, das über eine Übertragungsstrecke mit Add- und Drop-Stellen übertragen wird. Am Ende der Übertragungsstrecke wird ein Computer zentral alle Preemphase-Schritte steuern, damit absolute Signal-Rauschabstände der Signale an mit den Add- und Drop-Stellen der Übertragungsstrecke angeschlossenen Empfängern möglichst gleich sind. Relative unterschiedliche Verschlechterungen der Signal-Rauschabstände z. B. zwischen beliebig übertragenen Signalen in Express-Kanälen und in Add-Drop-Kanälen werden dabei nicht berücksichtigt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Preemphase von Signalen in einer Übertragungsstrecke mit Einspeise- und/oder Abzweigstellen anzugeben, bei dem relative Verschlechterungen der Signal-Rauschabstände z. B. zwischen übertragenen Signalen über beliebige Kategorien von Kanälen (Express, Add, Drop, Add-Drop) berücksichtigt sein sollten. Das Verfahren sollte sich ebenfalls für eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung eignen.

Eine Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

5 Ausgehend vom durch Fig. 1 dargestellten Stand der Technik, bei dem für jedes Subband eine getrennte Preemphase durchgeführt wird und bei der die mittlere Kanalleistung pro Subband konstant gehalten wird, zeigt das rote Subband eine deutlich schlechtere Performance am Empfänger als eigentlich möglich.

10 Wenn nun alle Kanäle am Add-Drop-Modul OADM eingekoppelt werden würden, könnte man identische Signal-Rauschabstände für alle Kanäle am Empfänger Rx erzielen, indem man erfindungsmäßig die mittlere Kanalleistung im blauen Subband - Add-Kanäle AK - zugunsten des roten Subbands - Express-Kanäle EK - absenkt.

15

Eine Verbesserung kann erzielt werden, indem zunächst für alle Kanäle, die in dem Link übertragen werden, die optimale Leistungsverteilung am OADM berechnet wird, d.h. es erfolgt 20 für alle Kanäle eine Preemphase-Berechnung für die Strecke vom OADM zum Ende der Übertragungsstrecke. Für das blaue Subband wird diese Leistungsverteilung am OADM eingestellt. Für das rote Subband wird hingegen nur die sich aus einer Preemphase-Einstellung hypothetisch ergebende mittlere Leis- 25 tungsänderung berechnet und mit Hilfe eines Dämpfungsgliedes die mittlere Leistung in diesem Subband entsprechend verändert. Dadurch ist es wieder möglich, die mittlere Leistung des blauen Subbands zugunsten des roten Subbands abzusenken, wobei die mittlere Leistung pro Kanal konstant bleibt. Danach 30 erfolgt eine senderseitige Optimierung der Leistungsverteilung innerhalb dieses Subbands.

Bei der Konfiguration in Fig. 2 könnte aber ein zwischen beiden Werten der Signal-Rauschabstände liegender identischer 35 Signal-Rauschabstand OSNR für beide Signale an ihren jeweiligen Empfängern Rx1, Rx2 erzielt werden, indem dafür gesorgt wird, dass Signale im roten Subband - Express-Kanäle EK - am

Ausgang des zweiten Add-Drop-Moduls OADM2 ein besseres Signal-Rauschabstand OSNR aufweisen.

Daher könnte das oben beschriebene Verfahren dahingehend modifiziert werden, dass die in Stand der Technik angegebene Formel zur Berechnung der Leistungsverteilung dahingehend modifiziert wird, dass als Zielvorgabe nicht mehr identische Werte der Signal-Rauschabstände OSNR gefordert werden, sondern ein vorgegebenes Profil von denen. Dieses Profil muss von einem Netzplanungstool vorgegeben werden, das für diesen Zweck am besten einen Kennwert für die erwartete Qualitätsverschlechterung auf den von den Signalen zurückgelegten Streckenabschnitten berechnet. Dabei wird dann berücksichtigt, dass ein Signal in einem Kanal, der in einem nachfolgenden Streckenabschnitt eine stärkere Verschlechterung erfahren wird, diesen im Vergleich zu den anderen Kanälen mit besserem Signal-Rauschabstand verlassen muss. Mit andern Worten, es wird eine relative SNR-Anforderung eingeführt. Der Kennwert kann aus einer groben Abschätzung oder aber auch mit ausgefeilteren Methoden bestimmt werden. Hier können auch nichtlineare Fasereffekte eingehen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann weiter verfeinert werden, indem außer den Streckeneigenschaften auch Sender- und Empfängereigenschaften berücksichtigt werden. Es wird dann z. B. berücksichtigt, dass ein Signal ohne FEC (Forward Error Correction) einen besseren Signal-Rauschabstand OSNR benötigt als ein parallel übertragenes Signal, das eine FEC benutzt.

Bei allen diesen Varianten kann – muss aber nicht – eine Methode verwendet werden, bei der direkt die dem Kanal überlängt Rauschanteile ASE (Amplified Spontaneous Emission) gemessen wird. Unter Umständen kann auch eine einfache Messung von Signalleistungen zur Bestimmung von mittleren Signalleistungen einer Gruppe von Kanälen genügen.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass diese Methode sowohl auf optische Netze als auch auf den darin enthaltenen Grenzfall einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung anwendbar ist, da Preemphase-Schritte lokal 5 d. h. an einem beliebigen Abschnitt eines Netzwerks gesteuert werden.

Allgemein und ausgehend von einem Verfahren zur Preemphase eines optischen Wellenlängenmultiplex-Signals, dessen Signale 10 mit unterschiedlichen Wellenlängen in Gruppen B1, B2, B3, B4 zusammengefasst über Express-Kanäle sowie über Drop-Kanäle, Add-Kanäle oder Add-Drop-Kanäle einer Übertragungsstrecke LWL mit mehreren Abschnitten übertragen werden, erfolgen erfindungsgemäß mehrere Sub-Preemphase-Einstellungen der Gruppen 15 B1, B2, B3, B4 von Signalen an Einspeisestellen NEi, OADM_j ($i \geq 1, j \geq 1$) der Abschnitte der Übertragungsstrecke LWL derart, dass zur Erzielung von vorgegebenen mittleren Signal-Rauschabständen OSNR1, OSNR2, OSNR3, OSNR4 der verschiedenen Gruppen B1, B2, B3, B4 von Signalen an ihrer Terminierungs- 20 stellen die mittlere Leistung mindestens einer Gruppe B1, B2, B3, B4 von Signalen an mindestens einer mit der Gruppe B1 der Express-Kanäle gemeinsamen Einspeisestelle eines Abschnittes neu eingestellt wird.

25 Dieses Verfahren kann ebenfalls für zwei oder drei Gruppen B1, Bi ($i > 1$) mit Express-Kanälen und anderen Kanälen verwendet werden, die entlang der Übertragungsstrecke LWL teilweise wie in vorigen Figuren 1 oder 2 mitübertragen werden. Ferner eignet sich auch das erfindungsgemäße Verfahren für eine be- 30 liebige Anzahl 4, 5, 6, etc von Gruppen von Kanälen Bi ($i > 1$).

An der Einspeisestelle wird die mittlere Signalleistung einer bei einer folgenden Abzweigstelle abgezweigten oder terminierten Gruppe mit Drop-Kanälen oder Add-Drop-Kanälen zugunsten der mittleren Signalleistung einer weitergeführten Gruppe 35 von Express-Kanälen gesenkt.

Die Neuauflistung der Signalleistungen zwischen den Gruppen B1, B2, B3, B4 erfolgt in einspeisenden oder schaltenden Netzelementen NEi, OADMj mittels einer Signalleistungsregelung. Es können auch separate Mittel zur Signalleistungsregelung an diesen Stellen verwendet werden.

Zum Ausgleich der Signal-Rauschabstände an einer Terminierungsstelle einer der Gruppen B1, B2, B3, B4 von Kanälen wird eine zusätzliche kanal-individuelle Preemphase an ihrer Einspeisestelle durchgeführt. Dafür sind Methoden gemäß dem Stand der Technik verwendbar.

Die Vorgabe mittlerer Signal-Rauschabständen OSNR1, OSNR2, OSNR3, OSNR4 der verschiedenen Gruppen B1, B2, B3, B4 von Signalen an ihrer Terminierungsstellen werden von einem Netzwerkmanagement definiert.

Es werden zwei vorteilhafte Regelungsprotokolle zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahren im Folgenden beschrieben, die zur Vorberechnung oder zur direkten Steuerung der Sub-Preemphase-Einstellungen - sowie der erforderlichen zusätzlichen kanal-individuellen Preemphase - mittels eines Datenpaket eingesetzt werden können.

Das Datenpaket wird aus einer Einspeisestelle über mehrere Abschnitte bis zu einer Terminierungsstelle beliebiger Express-Kanäle eines Netzwerks hin- und zurückgeführt werden. Das Datenpaket weist einen Zähler und mindestens zwei Markierungen der einzustellenden Preemphase-Schritte von Gruppen auf. Der Zähler steuert die Übertragung des Datenpaketes und damit der Anfang und das Ende der Preemphase-Schritte. Die Markierungen dienen zur Aktivierung einer oder mehrerer Sub-Preemphase-Einstellungen von Gruppen von Kanälen sowie einer oder mehrerer kanal-individuellen Preemphase von Gruppen von Kanälen. Mehrere Regelungsprotokolle sind je nach Art der Kodierung des Zählers und/oder der Markierung realisierbar. Jedoch werden in der vorliegenden Erfindung nur zwei davon er-

läutert, die eine besondere schnelle und einfache Durchführung des Verfahrens ermöglichen.

Nach einer Durchführung des Verfahrens für einen Netzabschnitt, d. h. lokal zwischen der Einspeise- und der Termi-
5 nierungsstelle beliebiger Express-Kanäle, wird das Datenpaket an einem weiteren Netzabschnitt weitergeleitet, bei dem wei-
tere Preemphase-Schritte erfindungsgemäß gesteuert werden.
Das Verfahren eignet sich für Netzabschnitte mit einer belie-
10 bigen Zahl von Abschnitten mit zwischengeschalteten Netzele-
menten wie Zwischenverstärkern, Add-Drop-Modulen, Filtern,
etc.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unter-
15 ansprüchen angegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden an-
hand der Zeichnung näher erläutert.

20 Dabei zeigen:

Fig. 3: ein Strukturbild zur schematischen Darstellung des
ersten Regelungsprotokolls; und

25 Fig. 4: ein Strukturbild zur schematischen Darstellung des
zweiten Regelungsprotokolls

Im folgenden wird unter weiterer Bezugnahme auf die Funkti-
onseinheiten der Fig. 3 das erste Regelungsprotokoll näher
erläutert.

30 Der Zähler weist zwei funktionelle Aspekte auf. Einerseits
signalisiert er mit dem Wert 0 dem empfangenden Netzelement,
dass der vorhergehende Preemphase-Schritt abgeschlossen ist
und das empfangende Netzelement die Steuerung der nächsten
35 Schritte - Sub-Preemphase-Einstellung und kanal-individuelle
Preemphase - übernehmen soll. Andererseits nimmt der Zähler
während eines Preemphase-Schrittes positive Werte 1, 2, 3,

10

etc an, wodurch nachfolgende Netzelement durch das steuernde Netzelement gesteuert werden können. Diese positiven Werte 1, 2, 3, etc bezeichnen ebenfalls die Anzahl der noch vom Datenpaket durchzulaufenden Abschnitte, über die das Datenpaket 5 aufwärts über die Übertragungsstrecke LWL übertragen wird. Bei jedem durchgelaufenen Abschnitt wird der Zähler am ankommenden Netzelement um eins reduziert, bis er den Wert 1 beträgt. Am dortigen Netzelement wird das Datenpaket abschnittsweise zurück zum ursprünglichen Netzelement geführt und dessen Zähler ebenfalls an jedem Netzelement wieder mit 2, 3, etc inkrementiert. Bei dieser rückwärtigen Übertragung wird jeweils eine Markierung für eine Gruppe aktiviert, falls diese Gruppe in dem Netzelement abgezweigt wird, d. h. z. B. diese Gruppe wird außerhalb der Übertragungsstrecke LWL irgendwo in einem externen Netzwerkszweig terminiert. An dieser Abzweigstelle werden möglicherweise die mittleren Signal-Rauschabstände der betroffenen Gruppe mit Drop-Kanäle zugunsten der mittleren Signal-Rauschabstände der Gruppe mit Express-Kanälen derart gesenkt, da die Express-Kanäle über eine 10 längere Strecke als die Drop-Kanäle im Bezug auf der Übertragungsstrecke LWL übertragen werden.

15

20

Bei der Rückführung des Datenpakets und bei aktiver Markierung einer abgezweigten Gruppen von Signalen, wird jedoch die 25 Markierung dieser Gruppe deaktiviert, wenn das Datenpaket in ein Netzelement zurückläuft, bei dem diese Gruppe von Signalen in die Übertragungsstrecke eingespeist wurde. Kommt nun das Datenpaket am ursprünglichen Netzelement an und die Markierung einer Gruppe mit Drop-, oder Add- oder Add-Drop- 30 Kanälen ist noch aktiv, erfolgt eine Sub-Preemphase-Einstellung am ursprünglichen Netzelement für diese Gruppe und die Gruppe mit Express-Kanälen. Eine kanal-individuelle Preemphase der Gruppe mit Drop-, oder Add- oder Add-Drop-Kanälen wird ebenfalls durchgeführt. Mit diesem ersten Regelungsprotokoll erfolgt auch eine kanal-individuelle Preemphase der Gruppe mit Express-Kanäle, da das letzte Netzelement 35 der Übertragungsstrecke als Terminierungsstelle der Gruppe

11

von Express-Kanälen eine Aktivierung der Markierung im Datenpaket für diese Gruppe hervorruft und das Datenpaket die Strecke bis zum Sender durchläuft, ohne dass die Markierung der Express-Kanäle aufgehoben wird.

5

Empfängt ein Netzelement ein rückwärts übertragenes Datenpaket, dessen Zähler im Vergleich zu ursprünglichen aufwärts übertragenen Datenpaket unverändert ist, wird der Zähler auf dem Wert 0 gesetzt. Dabei ist der aktuelle Netzelement als

10 Startpunkt oder Steuerelement für die aufwärtige Übertragung des Datenpaketes auf dem nächstliegenden Netzelement verschoben, bei dem wenigstens eine Gruppe von Signalen aus der Übertragungsstrecke LWL abgezweigt wird. Der Zähler wird nochmals dort mit dem Wert 1 eingestellt und das gesamte bisher 15 erläuterte Regelungsprotokoll kann weiter durchgeführt werden. Der letzte Schritt des gesamten Regelungsprotokolls beendet bei dem/den letzten Abschnitten der Übertragungsstrecke LWL, bei dem Add-Kanäle mit den Express-Kanälen zusammen übertragen und anschließend terminiert werden.

20

Fig. 3 zeigt die verschiedenen Schritte dieses ersten Regelungsprotokolls für vier Gruppen B1, B2, B4, B3 von Signalen, die jeweils über Express-Kanäle esl von einem ersten Netzelement NE1 zu einem zweiten Netzelement NE2, Drop-Kanäle dsl 25 von dem ersten Netzelement NE1 zu einem ersten Add-Drop-Modul OADM1, Add-Drop-Kanäle adsl von dem ersten Add-Drop-Modul OADM1 zu einem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 und Add-Kanäle adl von dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 zu dem zweiten Netzelement NE2 übertragen werden.

30

Am ersten Netzelement NE1 als Startpunkt wird der Zähler COUNT auf dem Wert 1 gesetzt - d. h. das Datenpaket wird über einen einzelnen Abschnitt übertragen - und damit wird das Datenpaket zu dem ersten Add-Drop-Modul OADM1 zugeführt. Nun 35 wird das Datenpaket rückwärts übertragen und der Zähler COUNT wird daher auf dem Wert 2 inkrementiert. Aufgrund der Abzweigung der Gruppe B2 der Drop-Kanäle dsl aus dem ersten Add-

12

Drop-Modul OADM1 wird die Markierung X der Gruppe B2 der Drop-Kanäle ds1 aktiviert und das Datenpaket zurück zum ersten Netzelement NE1 geführt, wo eine erste Sub-Preemphase SPes1 für die Gruppen B1 der Express-Kanäle es1 - d. h. die 5 mittleren Signalleistungen der Gruppen B1, B2 der Express-Kanäle es1 und der Drop-Kanäle ds1 neu eingestellt werden - sowie eine kanal-individuelle Preemphase Pds1 für die Gruppe B2 der Drop-Kanäle ds1 durchgeführt werden.

10 Das Datenpaket wird nochmals mit dem Zähler auf dem Wert 2 über zwei Abschnitte NE1, OADM1, OADM2 aufwärts übertragen. Bei dem zweiten Abschnitt OADM1, OADM2 über dem ersten Add-Drop-Modul OADM1 ist der Wert des Zählers COUNT auf 1 gesetzt. Nun wird das Datenpaket rückwärts übertragen und der 15 Zähler COUNT wird daher auf dem Wert 2 inkrementiert. Aufgrund der Abzweigung der Gruppe B4 der Add-Drop-Kanäle ads1 aus dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 wird die Markierung X für die Gruppe B4 der Add-Drop-Kanäle ads1 aktiviert und das Datenpaket erst zurück zum ersten Add-Drop-Modul OADM1 geht 20. Am ersten Add-Drop-Modul OADM1 wird für diese Kanäle eine Preemphase durchgeführt und die entsprechende Markierung X="--" deaktiviert. Der Zähler COUNT wird nun noch auf den Wert 3 inkrementiert, so dass dieser sich im Vergleich zu dem 25 ursprünglichen Zähler COUNT=2 am Anfang des Hin- und Rücklaufens des Datenpaketes über zwei Abschnitte bei Ankunft des Datenpaketes am ersten Netzelement NE1 geändert hat. Am Startpunkt des Preemphase-Schrittes sind also keine Markierungen aktiv und daher werden keine Preemphase jeder Art durchgeführt.

30 Ein dritter Hin- und Rücklauf des Datenpaketes mit nun einem Zähler COUNT=3 am Netzelement NE1 wird über die drei Abschnitte NE1, OADM1, OADM2, NE2 eingeleitet. Vor Rücklauf des Datenpaketes vom Netzelement NE2 zum zweiten Add-Drop-Modul 35 OADM2 werden zwei Markierungen für die Gruppen B1, B3 der Express-Kanäle es1 und der Add-Kanäle as1 aktiviert, die am Netzelement NE2 terminiert werden. Gemäß der vorigen Schrit

ten des Regelungsprotokolls wird die Markierung X="-" für die Gruppe B3 der Add-Kanäle as1 schon am Add-Drop-Modul OADM2 gelöscht, die Markierung X für die Gruppe B1 der Express-Kanäle es1 aber nicht. Aufgrund der Terminierung der Gruppe 5 B1 mit Express-Kanälen wird der Zähler bei Rücklauf aus dem zweiten Netzelement NE2 nicht inkrementiert, d. h. COUNT=1. Daher erfolgt bei Ankunft des Datenpakets am ersten Netzelement NE1 eine kanal-individuelle Preemphase Pes1 der Gruppe B1 von Signalen. Der Zähler COUNT beträgt außerdem den Wert 10 3, der identisch zu dem ursprünglichen Zähler COUNT=3 am Anfang der Hin- und Rückläufe des Datenpakets über die drei Abschnitte. Deshalb wird der Zähler auf den Wert 0 gesetzt. Dies signalisiert, dass das erste Netzelement die von ihm zu steuernden Preemphase-Schritte beendet hat. Mit diesem Wert 15 wird nun ein Datenpaket an den ersten nachgeschalteten OADM1 geschickt, der anhand der Werte Null erkennt, dass er die Steuerung der nächsten Schritte zu übernehmen hat. Der erste Add-Drop-Modul OADM1 gilt jetzt als Startpunkt oder Steuer- element für weitere Schritte des Regelungsprotokolls und löst 20 weitere Preemphase-Schritte aus, indem es ein Datenpaket mit Wert 1 für den Zähler an den nachfolgenden Add-Drop-modul OADM2 schickt. Die Steuerung der nachfolgenden Schritte geschieht nun analog zu dem zuvor beschriebenen Verfahren.

25 In anderen Worten ist der erste Netzelement NE1 für weitere Regelungen deaktiviert und sendet das Datenpaket zum ersten Add-Drop-Modul OADM1, wo der Zähler COUNT auf dem Wert 1 gesetzt wird. Der erste Add-Drop-Modul OADM1 gilt jetzt als Startpunkt für weitere Schritte des Regelungsprotokolls.

30 Das Datenpaket wird über einen einzelnen Abschnitt von dem ersten Add-Drop-Modul OADM1 zum zweiten Add-Drop-Modul OADM2 übertragen. Nun wird das Datenpaket rückwärts übertragen und der Zähler COUNT wird daher auf dem Wert 2 inkrementiert.

35 Aufgrund der Abzweigung der Gruppe B4 der Add-Drop-Kanäle ads1 aus dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 wird die Markierung X der Gruppe B4 der Add-Drop-Kanäle ads1 aktiviert und das

Datenpaket zurück zum ersten Add-Drop-Modul OADM1 geführt, wo eine zweite Sub-Preemphase SPes1' für die Gruppe B1 der Express-Kanäle esl - d. h. die mittleren Signalleistungen der Gruppen B1, B4 mit Express-Kanälen esl und Add-Drop-Kanälen 5 ads1 - sowie eine kanal-individuelle Preemphase Pas1 für die Gruppe B4 mit Add-Drop-Kanälen ads1 durchgeführt werden.

Ein neuer Hin- und Rücklauf des Datenpaket schließt sich nun über die zwei letzten Abschnitte OADM1, OADM2, NE2 an. Zwei 10 Markierungen X für beide am zweiten Netzelement NE2 terminierte Gruppen B1, B2 mit den Express-Kanäle esl und den Drop-Kanäle ds1 werden aktiviert. Aufgrund der Terminierung der Gruppe B1 mit Express-Kanälen wird der Zähler bei Rücklauf aus dem zweiten Netzelement NE2 nicht inkrementiert, 15 d. h. COUNT=1. Die Markierung für die Gruppe B2 mit den Drop-Kanäle ds1 fällt beim rückwärtigen Durchgang des Datenpaket im ersten Add-Drop-Modul OADM1 aus, die Markierung für die Gruppe B1 mit den Express-Kanälen esl aber nicht. Daher könnte eine neue kanal-individuelle Preemphase Pes1' der Gruppe 20 B1 von Signalen am ersten Add-Drop-Modul OADM1 durchgeführt werden, wenn das erste Add-Drop-Modul OADM1 es ermöglicht.

Da der Zähler COUNT den Wert 2 beträgt, der identisch zu dem ursprünglichen Zählerwert COUNT=2 am Anfang der Hin- und 25 Rückläufe des Datenpaket über die zwei letzten Abschnitte, wird der Zähler auf dem Wert 0 gesetzt.

Anschließend wird das Datenpaket zum zweiten Add-Drop-Modul OADM2 gesendet, dessen Zähler nun 1 beträgt und aufgrund der 30 Terminierung der Gruppe B1 mit Express-Kanälen bei Rücklauf aus dem zweiten Netzelement NE2 nicht inkrementiert wird. Zwei Markierungen X für die Gruppen B1, B3 mit Express-Kanälen esl und den Add-Kanälen as1 werden aktiviert und bei Ankunft am zweiten Add-Drop-Modul OADM2 erfolgen eine dritte 35 Sub-Preemphase SPes1'' - d. h. die mittleren Signalleistungen der Gruppen B1, B3 mit Express-Kanälen esl und Add-Kanälen as1 - sowie eine kanal-individuelle Preemphase Pas1 für die

15

Gruppe B3 mit den Add-Kanälen as1. Die eine kanal-individuelle Preemphase Pes1'' für die Gruppe B3 von Express-Kanälen es1 könnte dabei durchgeführt werden, wenn das zweite Add-Drop-Modul OADM2 es gestattet.

5

Das Regelungsprotokoll ist beendet, wenn das zweite Netzelement NE2 vom zweiten Add-Drop-Modul OADM2 ein Datenpaket mit Zähler COUNT=0 erhält. Folgt auf das den Netzabschnitt terminierende Netzelement NE2 ein weiterer Netzabschnitt, kann der 10 Empfang eines Datenpaketes mit einem Zähler COUNT=0 an dem zweiten Netzelement NE2 die Preemphase einer weiteren Übertragungsstrecke LWL' auslösen.

15 Eine weitere Preemphase könnte auch je nach Infrastruktur des Netzwerks aus einem anderen Netzelement als dem zweiten Netzelement NE2 starten.

Es wird hier darauf aufmerksam gemacht, dass dabei zwei Markierungen zur Aktivierung oder Deaktivierung der Preemphasen 20 KIPi, SP1j ($i \geq 1, j > 1$) der vier Gruppen ausreichen, da, aus Klarheitsgründen in diesem ersten Ausführungsbeispiel, sich die verschiedenen Drop- oder Add- oder Add-Drop-Kanälen aus den Gruppen B2, B3, B4 von Signalen pro Abschnitt nicht überlappen. Erhöht sich die Anzahl der verschiedenen übertragenen 25 Kanälen pro Abschnitt, müssen genauso viele Markierungen im Datenpaket verwendet werden.

Dem ersten Netzelement NE1 oder dem zweiten Netzelement NE2 können ferner weitere Netzelemente oder Add-Drop-Module vor- 30 bzw. nachgeschaltet werden. Das Regelungsprotokoll ist davon unabhängig aufgrund des übertragenen Datenpaketes zur Ein- oder Ausschaltung eines aktiven Netzelements zum Beginn der Preemphase-Schritte durchgeführt.

35 In Fig. 4 ist ein zweites Regelungsprotokoll dargestellt, bei dem zwei zusätzliche übertragene Gruppen B2, B3 von weiteren Drop-Kanälen ds2 zwischen dem ersten Netzelement und dem

zweiten Add-Drop-Modul OADM2 und von weiteren Add-Kanälen as2 zwischen dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 und dem zweiten Netzelement NE2 gemäß Fig. 3 hinzugefügt werden. Pro Abschnitt werden also bis zu drei Kategorien von Kanälen übertragen. D. h., es werden also drei Markierungen im Datenpaket verwendet.

Der wesentliche Unterschied zu dem ersten Regelungsprotokoll liegt daran, dass beim Rücklauf eines Datenpaket aus einem Abschnittende z. B. aus dem zweiten Add-Drop-Modul OADM2 eine Sub-Preemphase-Einstellung SPes1, SPds2 für die Express-Kanäle es1 und für die am diesem Abschnittende OADM2 abgezweigten d. h. markierten Kanäle - hier adsl und ds2 - sofort am Abschnittanfang - hier am ersten Add-Drop-Modul OADM1 - durchgeführt wird. Werden noch Kanäle - hier adsl - am Abschnittanfang OADM1 eingespeist, erfolgt dazu eine kanal-individuelle Preemphase Pads1 dieser Kanäle, die ebenfalls eine Deaktivierung der mit dem Datenpaket rücklaufenden Markierung für diese Gruppe von Kanälen adsl hervorruft. Weitere kanal-individuelle Preemphase - z. B. Pds2 - einer Gruppe von Kanälen - z. B. ds2 - werden am mit den Express-Kanälen gemeinsamen Einspeistelle durchgeführt.

Der Zähler COUNT eines auf- und rückwärtigen übertragenen Datenpaket wird generell im Bezug auf Inkrementierung gemäß Fig. 3 identisch eingestellt. Der Wert NULL tritt aber erst auf, wenn die Preemphase für den gesamten Netzabschnitt abgeschlossen ist, da sämtliche Preemphase-Schritte für den entsprechenden Netzabschnitt vom Netzelement an dessen Anfang gesteuert werden. Nach Abschluss der Preemphase wird das Datenpaket mit dem Wert NULL über die nun drei geregelten Abschnitte aufwärts zur Initialisierung eines oder mehrerer weiteren Netzabschnitte LWL' weitergeleitet werden.

Mit dem zweiten Regelungsprotokoll werden effektiv nur drei Hin- und Rückläufe des Datenpaket über ein, zwei und drei Abschnitte benötigt, um alle Sub-Preemphase und kanal-

individuelle Preemphase der Gruppen B1, B2, B3, B4 von Signalen in den Kanälen es1, ds1, ds2, ads1, as1, as2 durchzuführen. Bei dem vierten Hin- und Rücklauf bzw. dem fünften Hinlauf des Datenpakets erfolgt keine Preemphase.

5

Gemäß der zweiten Protokollsregelung werden also die zusammengefassten Einstellungen A, B, C, D gemäß Fig.5 schrittweise derart durchgeführt:

- 10 A) Bei einem im ersten Abschnitt NE1, OADM1 rückgewonnen Zähler COUNT=1 und einer Markierung für die im ersten Add-Drop-Modul OADM1 abgezweigte Drop-Kanäle ds1 erfolgt im ersten Netzelement NE1 eine kanal-individuelle Preemphase Pds1 der Drop-Kanäle ds1 mit zwei Sub-Preemphase-Einstellungen SPds2, SPes1 der Drop-Kanäle ds2 und der Express-Kanäle es1.
- 15 B) Bei einem im zweiten Abschnitt OADM1, OADM2 rückgewonnen Zähler COUNT=1 und einer Markierung für die im zweiten Add-Drop-Modul OADM2 abgezweigte Add-Drop-Kanäle ads1 und Drop-Kanäle ds2 erfolgt im ersten Add-Drop-Modul OADM1 eine kanal-individuelle Preemphase Pads1 der Add-Drop-Kanäle ads1 mit zwei Sub-Preemphase-Einstellungen SPds2, SPes1 der Drop-Kanäle ds2 und der Express-Kanäle es1. Weiterhin wird der Zähler im rückgelaufenen Datenpaket 20 auf 2 gesetzt und die Markierung "--" der schon behandelten Kanäle ads1 gelöscht. Am ersten Netzelement NE1 wird die kanal-individuelle Preemphase Pds2 der Drop-Kanäle ds2 durchgeführt. Keine weitere Sub-Preemphase-Einstellungen werden vorgenommen.
- 25 C) Bei einem im dritten Abschnitt OADM2, NE2 rückgewonnen Zähler COUNT=1 und einer Markierung für die im zweiten Netzelement abgezweigte bzw. terminierte Add-Kanäle as1, as2 und Express-Kanäle es1 erfolgt im zweiten Add-Drop-Modul OADM2 zwei kanal-individuelle Preemphase Pas1, Pas2 der Add-Kanäle as1, as2 mit einer Sub-Preemphase-Einstellungen SPes1 der Express-Kanäle es1. Markierungen 30 der Add-Kanäle as1, as2 werden im zweiten Add-Drop-Modul

OADM2 für die weitere rückläufige Übertragung des Datenpaket gelöscht. Aufgrund der Markierung der Express-Kanäle es1 am ersten Netzelement NE1 erfolgt eine kanal-individuelle Preemphase Pes1 für die Signale der Express-Kanäle es1.

5 D) Der Zähler wird auf 4 gesetzt, damit kommt das Datenpaket mit einem Zählerwert von 2 am zweiten Netzelement NE2. Dies schaltet die Beendigung aller Preemphase-Schritte für die drei Abschnitte NE1, OADM1, OADM2, NE2. Der Zähler COUNT wird auf null gesetzt und das Datenpaket kann 10 einem weiteren Übertragungsstrecke LWL' weitergeleitet werden.

15 Zur Einsetzung des zweiten Regelungsprotokolls in eine software-orientierte Lösung können folgende Regeln zusammengefasst werden:

- Ein Netzelement, das ein Datenpaket mit Zähler COUNT=1 in Vorrwärtsrichtung empfängt, schickt Werte des Leistungsspektrums bei unverändertem Zähler zurück zum Beginn des 20 Links und markiert Gruppe von Kanälen, die an diesem Netzelement terminiert werden.
- Ein Netzelement, das ein Datenpaket mit Zähler größer als 1 in Vorrwärtsrichtung empfängt, erniedrigt den Zähler um 1 und reicht das Datenpaket an das nächste Netzelement weiter.
- Ein Netzelement, das ein Datenpaket in Rückwärtsrichtung 25 empfängt, erhöht den Zähler um 1 und reicht das Datenpaket an das vorhergehende Netzelement weiter. Dabei wird für alle markierten Gruppe von Kanälen, die an dieser Stelle eingefügt werden, eine kanal-individuelle Preemphase ausgeführt und die entsprechenden Markierungen werden gelöscht.
- Für alle nicht markierten Gruppen von Kanälen oder nicht an dieser Stelle eingefügten Gruppen von Kanälen erfolgt nur eine Anpassung der mittleren Leistung, falls der Zähler 30 COUNT den Wert '1' beträgt.
- Beträgt der Zähler COUNT nicht den Wert 1, wird nur eine kanal-individuelle Preemphase für markierte und an dieser 35 Stelle eingefügte Gruppen von Kanälen ausgeführt.

Stelle eingefügte Gruppen von Kanälen durchgeführt. Es erfolgt keine Veränderung der mittleren Leistung pro Gruppe.

- Empfängt ein Netzelement, an dem alle Gruppe von Kanälen terminiert werden, ein Datenpaket in Vorwärtsrichtung mit Zähler COUNT=2, schickt es ein Paket mit Zähler COUNT=0 und deaktivierten Markierungen an das vorangehende Netzelement.
- 5 • Empfängt ein Netzelement, das nicht das erste Element eines Netzabschnitts - als Netzabschnitt wird hier ein Teil LWL, LWL' eines Netzes bezeichnet, der durch zwei Netzelemente begrenzt wird, an denen keine Gruppe von Kanälen durchgeschleift werden - ist, ein Datenpaket mit Zähler COUNT=0 in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung, reicht es dieses ohne Veränderung an das vorhergehende Netzelement weiter.
- 10 • Das Netzelement am Anfang des Netzabschnittes erhöht abschnittsweise von Preemphase-Schritt zu Preemphase-Schritt den Zähler COUNT um den Wert 1. Empfängt es ein Datenpaket mit Zähler COUNT=0, ist die Preemphase für diesen Netzabschnitt abgeschlossen.
- 15 • Empfängt ein Netzelement, an dem alle Gruppen von Kanälen terminiert werden - am Ende des betrachteten Netzabschnitts LWL -, ein Datenpaket mit Zähler COUNT=0 in Vorwärtsrichtung, initiiert es einen Preemphase-Schritt für den nachfolgenden Netzabschnitt LWL'.
- 20 • Empfängt ein Netzelement, an dem alle Gruppen von Kanälen terminiert werden - am Ende des betrachteten Netzabschnitts LWL -, ein Datenpaket mit Zähler COUNT=0 in Vorwärtsrichtung, initiiert es einen Preemphase-Schritt für den nachfolgenden Netzabschnitt LWL'.
- 25 • Empfängt ein Netzelement, an dem alle Gruppen von Kanälen terminiert werden - am Ende des betrachteten Netzabschnitts LWL -, ein Datenpaket mit Zähler COUNT=0 in Vorwärtsrichtung, initiiert es einen Preemphase-Schritt für den nachfolgenden Netzabschnitt LWL'.

Aus Klarheitsgründen beschreiben die Ausführungsbeispiele der Erfindung zwei Fälle mit vier oder sechs unterschiedliche Gruppen von Kanälen über einem Netzabschnitt mit drei Abschnitten. Es wäre jedoch einem Fachmann implizit, aus diesen vereinfachten Ausführungen dieses Verfahren für eine beliebige Anzahl der Gruppen von Kanälen und der Abschnitte anzupassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Preemphase eines optischen Wellenlängenmultiplex-Signals, dessen Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen in Gruppen (B1, B2, B3, B4) zusammengefasst über Express-Kanäle sowie über Drop-Kanäle, Add-Kanäle oder Add-Drop-Kanäle einer Übertragungsstrecke (LWL) mit mehreren Abschnitten übertragen werden,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass mehrere Sub-Preemphase-Einstellungen der Gruppen (B1, B2, B3, B4) von Signalen an Einspeisestellen (NE, OADM) der Abschnitte der Übertragungsstrecke (LWL) derart erfolgen, dass zur Erzielung von vorgegebenen mittleren Signal-
15 Rauschabständen (OSNR1, OSNR2, OSNR3, OSNR4) der verschiedenen Gruppen (B1, B2, B3, B4) von Signalen an ihrer Terminierungsstellen die mittlere Leistung mindestens einer Gruppe (B1, B2, B3, B4) von Signalen an mindestens einer mit der Gruppe (B1) der Express-Kanäle gemeinsamen Einspeisestelle 20 eines Abschnittes neu eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass an der Einspeisestelle die mittlere Signalleistung einer 25 bei einer folgenden Abzweigstelle abgezweigten oder terminierten Gruppe mit Drop-Kanälen oder Add-Drop-Kanälen zugunsten der mittleren Signalleistung einer weitergeführten Gruppe von Express-Kanälen gesenkt wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Neuauflteilung der mittleren Signalleistungen zwischen den Gruppen (B1, B2, B3, B4) in einspeisenden oder schaltenden Netzelementen (NE) mit einer Signalleistungsregelung erfolgt.
- 35 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

21

dadurch gekennzeichnet,
dass zum Ausgleich der Signal-Rauschabstände an einer Terminierungsstelle einer Gruppen (B1, B2, B3, B4) von Kanälen eine zusätzliche kanal-individuelle Preemphase an ihrer Einspeisestelle durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorgabe mittlerer Signal-Rauschabstände (OSNR1,
10 OSNR2, OSNR3, OSNR4) oder Unterschiede der Signal-Rauschabstände der verschiedenen Gruppen (B1, B2, B3, B4) von Signalen an ihrer Terminierungsstellen von einem Netzwerkmanagementsystem vorgegeben werden.

15 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass zu Bestimmung der vorzunehmenden Leistungsänderungen zunächst hypothetisch davon ausgegangen wird, dass alle Kanäle an der entsprechenden Stelle individuell verändert werden
20 können und aus dieser Vorgabe dann die mittlere Leistungsänderung der Kanalgruppe berechnet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass zur Steuerung einer der Sub-Preemphase-Eintellungen ein Netzelement (NEi, OADMj) mit Hilfe eines Datenpakets aktiviert wird, das von der ersten Einspeisestelle (NE0) zu den anderen Netzelementen (NEi, OADMi) abschnittweise hin- und zurück übertragen wird und das eine Markierung (X) der Einspeise- und Terminierungsstellen jeder der Gruppen (B1, B2, B3, B4) von Signalen enthält.

30 8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
35 dass bei einem Netzelement (NEi, OADMj) das Datenpaket zur Steuerung einer der zusätzlichen kanal-individuellen

22

Preemphase einer der Gruppen (B1, B2, B3, B4) von Signalen dient.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass zur Steuerung der Übertragungsrichtung und der Reichweite des Datenpakets zwischen den Netzelementen (NEi, OADMj) ein Zähler (COUNT) in dem Datenpaket initialisiert, inkrementiert oder verringert wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass je nach Kodierungsart des Zählers (COUNT) und der Markierung (X) ein an einem selektierten steuernden Netzelement 15 vorgesehenen Regelungsprotokoll zur Steuerung von Preemphase-Schritten mit Sub-Preemphase-Einstellungen und/oder der zusätzlichen kanal-individuellen Preemphase der Gruppen (B1, B2, B3, B4) entlang der Übertragungsstrecke (LWL) gewählt wird.
- 20 11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Empfang eines Datenpakets, dessen Zähler (COUNT) den Wert „0“ beträgt, ein Netzelement (NE1, OADM1, OADM2...) die 25 Steuerung der Preemphase-Schritten für seine nachfolgenden Netzabschnitte übernimmt und
dass dabei der Zähler (COUNT) auf den Wert 1 inkrementiert wird.
- 30 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Empfang eines Datenpakets, dessen Zähler (COUNT) den Wert „1“ beträgt, an einem Netzelement (NE1, OADM1, OADM2...) ein Spektrum der Signale sowie das Datenpaket aus dem nächst- 35 liegenden Netzelement (OADM1, OADM2, NE2) entlang der Übertragungsstrecke (LWL) zurück gesendet werden

23

und dass beim rückwärtigen Durchlauf des Datenpakets durch je ein Netzelement (NE2, OADM2, OADM1) ohne Terminierungsstelle für alle dortigen Gruppen von Kanälen der Zähler (COUNT) um den Wert 1 erhöht wird, ansonsten unverändert bleibt.

5

13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim unveränderten Zähler (COUNT) das Datenpaket in eine entgegengesetzte Richtung übertragen wird.

10

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass an einem der Netzelemente (OADM1, OADM2, NE2) mit einer Terminierung mindestens einer der Gruppen von Kanälen eine 15 Markierung (X) im übertragenem Datenpaket für diese Gruppe(n) aktiviert wird und
dass die Markierung (X) für eine Gruppe an der Einspeisestelle derselben Gruppe beim Rücklauf des Datenpaket gelöscht wird.

20

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Empfang eines Datenpakets, dessen Zähler (COUNT) einen höheren Wert als 1 beträgt, an einem Netzelement (NE1, 25 OADM1, OADM2...) der Zähler (COUT) des vorwärts übertragenen - d. h. in Richtung vom ersten Netzelement (NE1) bis zum zweiten Netzelement (NE2) - Datenpaket um den Wert 1 erniedrigt wird, wenn dabei mindestens eine Gruppe von Kanälen nicht terminiert d.h. durchgelassen oder eingespeist wird.

30

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Empfang eines Datenpakets, dessen Zähler (COUNT) einen höheren Wert als 1 beträgt, an einem Netzelement (NE1, 35 OADM1, OADM2...) der Zähler (COUT) des rückwärts übertragenen - d. h. in Richtung vom zweiten Netzelement (NE2) bis zum

ersten Netzelement (NE1) - Datenpakets um den Wert 1 erhöht wird und dass beim Ankunft des rückwärts übertragenen Datenpakets am ersten steuernden Netzelement (NE1) der Zähler (COUNT) unverändert bleibt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ankunft des rückwärts übertragenen Datenpakets am ersten steuernden Netzelement (NE1) mit einem Zähler (COUNT), dessen Wert gleich dem Wert am selben Netzelement (NE1) bei der vorigen aufwärtigen Übertragung des Datenpakets ist, der Zähler auf den Wert 0 gesetzt wird, dass das Datenpaket aufwärts zum nächstliegenden Netzelement (OADM2) übertragen wird, dass der Zähler (COUNT) auf den Wert 1 inkrementiert wird und damit der nächstliegende Netzelement (NE2) als neu steuernder Netzelement zur Steuerung weiterer Preemphase-Schritte definiert wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass Preemphase-Schritte am steuernden Netzelement bei einer Gruppe von Kanälen, für die eine Markierung (X) dort aktiviert ist, durchgeführt werden.

19. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Preemphase-Schritte an unterschiedlichen selektierten steuernden Netzelementen während der Übertragung des Datenpakets innerhalb der Übertragungsstrecke (LWL) gesteuert werden.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzelement, das ein Datenpaket mit Zähler (COUNT) mit dem Wert „1“ in Vorwärtsrichtung empfängt, Werte des

Leistungsspektrums bei unverändertem Zähler zum Beginn der Übertragungsstrecke (LWL) zurück sendet und Gruppe von Kanälen markiert, die an diesem Netzelement terminiert werden.

- 5 21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzelement, das ein Datenpaket mit einem Wert des Zähler (COUNT) größer als „1“ in Vorwärtsrichtung empfängt, den Zähler (COUNT) um den Wert „1“ erniedrigt und das Datenpaket an das nächste Netzelement weiter reicht.
- 10
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzelement, das ein Datenpaket in Rückwärtsrichtung empfängt, den Zähler (COUNT) um den Wert „1“ erhöht und das Datenpaket an das vorhergehende Netzelement weiter reicht.
- 15
23. Verfahren nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass für alle markierten Gruppe von Kanälen, die an den Netzelement eingefügt werden, eine kanal-individuelle Preemphase ausgeführt wird und ihre entsprechenden Markierungen gelöscht werden.
- 20
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass für alle nicht markierten Gruppen von Kanälen oder nicht an dem Netzelement eingefügten Gruppen von Kanälen eine Anpassung der mittleren Leistung erfolgt, falls der Zähler (COUNT) den Wert 1 beträgt.
- 30
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass, falls der Wert des Zählers (COUNT) nicht „1“ beträgt,
35 eine kanal-individuelle Preemphase für markierte und an dem Netzelement eingefügte Gruppen von Kanälen durchgeführt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mittlere Leistung pro Gruppe konstant bleibt.

5

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzelement, an dem alle Gruppe von Kanälen terminiert werden und das ein Datenpaket in Vorwärtsrichtung mit
10 Zähler (COUNT) bei dem Wert „2“ empfängt, ein Datenpaket mit Zähler (COUNT) bei dem Wert „0“ sendet und Markierungen an das vorangehende Netzelement deaktiviert.

15

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 26,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzelement, das nicht das erste Element eines Netzabschnitts - an dem keine Gruppe von Kanälen durchgeschleift werden - ist und das ein Datenpaket mit Zähler (COUNT) bei dem Wert „0“ in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung empfängt,
20 dieses ohne Veränderung an das vorhergehende Netzelement weiter reicht.

25

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 27,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich bei dem Netzelement am Anfang des Netzabschnittes abschnittsweise von einem Preemphase-Schritt zu einem anderen Preemphase-Schritt der Wert des Zählers (COUNT) um „1“ erhöht, bis der Empfang eines Datenpaket mit Wert „0“ des Zähler (COUNT) den Abschluss der Preemphase für diesen Netzabschnitt signalisiert.

30

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 28,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzelement, an dem alle Gruppen von Kanälen vor-
35 zugsweise am Ende des betrachteten Netzabschnitts LWL terminiert werden und das ein Datenpaket mit Zähler (COUNT) bei dem Wert „0“ in Vorwärtsrichtung empfängt, einen oder weitere

27

Preemphase-Schritte für den nachfolgenden Netzabschnitt
(LWL') initiiert.

1/3

FIG 1

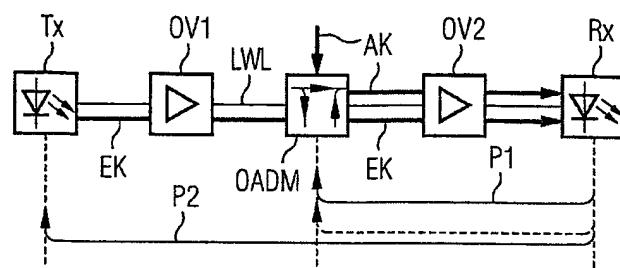
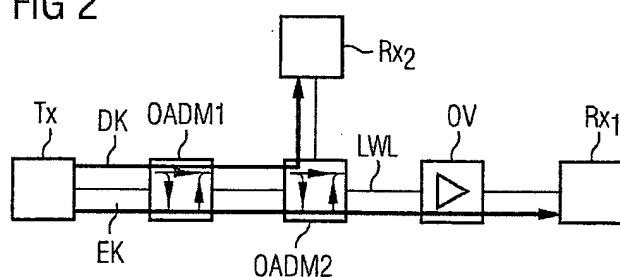
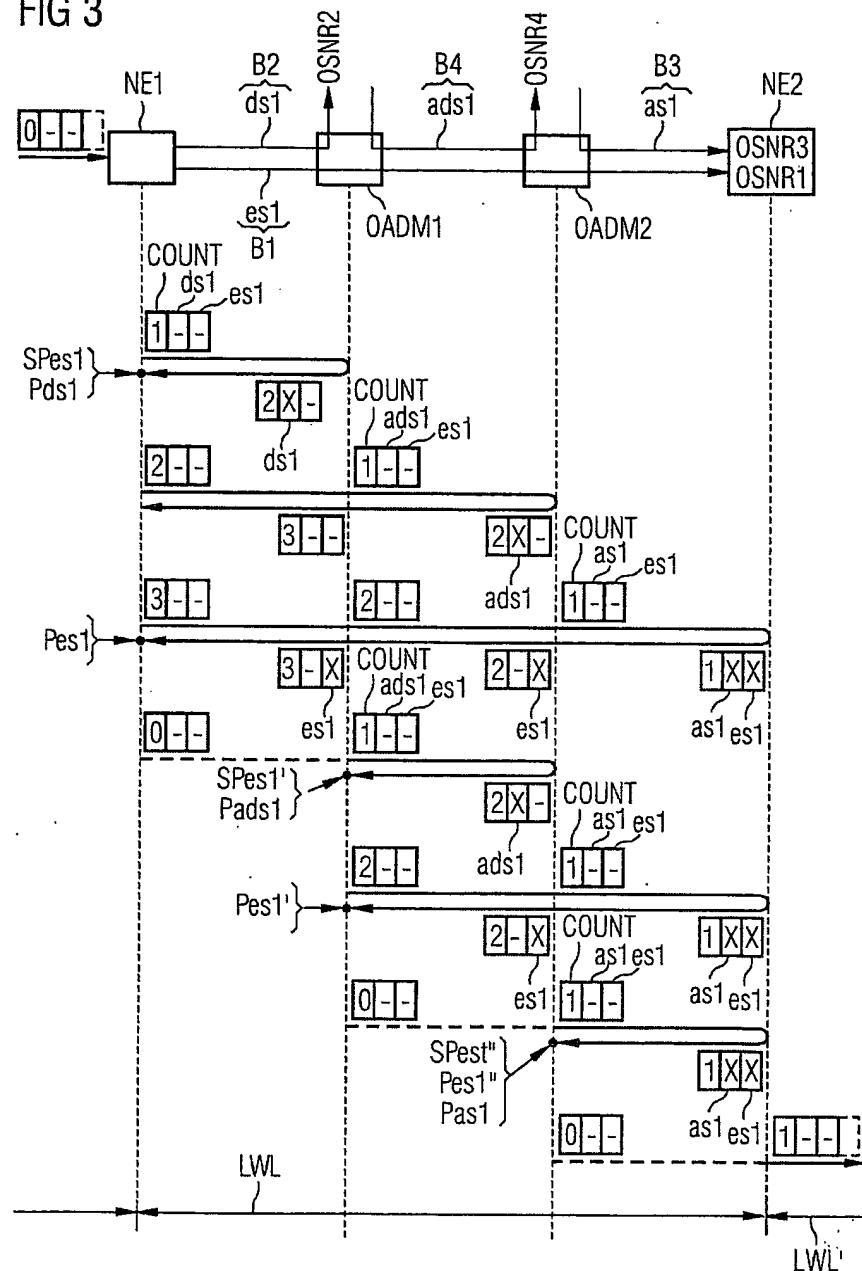


FIG 2



2/3

FIG 3



3/3

FIG 4

